

# ЭНЕРГО– И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

УДК 621.3:004.9

## КОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ ВИБРАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА И ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МЕХАНИЗМОВ

**Бранцевич П.Ю., Костюк С.Ф.**

Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», г. Минск, Республика Беларусь, branc@bsuir.edu.by

*The hardware-software organization of computer multichannel systems of the vibrating control is considered. Application of such systems provides carrying out in a mode of real time of the continuous control over a vibrating condition of technical objects, the decision of problems of the signal system and protection by individual criteria in an automatic mode. Ways of the analysis of long realizations of vibrating signals for detection of diagnostic attributes are offered.*

### **Введение**

С целью повышения конкурентоспособности выпускаемой продукции и прибыльности производства предприятия стремятся снизить затраты на ее производство. Одной из существенных статей себестоимости продукции являются расходы на эксплуатацию и техническое обслуживание машинного оборудования, задействованного в производственном цикле. В связи с этим актуальным является постоянное совершенствование стратегий эксплуатации и технического обслуживания оборудования, основанное на современных технологиях контроля и анализа его технического состояния и обобщения практического опыта эксплуатации.

Такие стратегии, как «Техобслуживание, направленное на повышение надежности» и «Техобслуживание, направленное на повышение суммарного показателя эффективности работы оборудования», можно фактически рассматривать не как стратегии техобслуживания, а как эксплуатационные стратегии, в которых техническое обслуживание является составной частью производственного цикла. Данные стратегии позволяют количественно определить суммарный коэффициент готовности производственных средств и их организацию в пределах заданного временного интервала. Используя современные системы мониторинга машинного оборудования, специалисты предприятия имеют возможность заранее составить график профилактических работ, а также повысить коэффициент готовности оборудования всего предприятия и снизить материальные и временные затраты на техобслуживание.

### **Основная часть**

На предприятиях промышленности и энергетики эксплуатируется большое количество механизмов агрегатов с вращательным движением, значительная часть которого функционирует в непрерывном технологическом цикле. Техническое состояние таких объектов в значительной степени характеризуется параметрами вибрации. Нормативными документами, определяющими правила их эксплуатации, предусматривается проведение мониторинга их вибрационного состояния.

На сегодняшний день наибольшее распространение получил защитный вибрационный мониторинг. На основании результатов измерений, полученных от смонтированных на машинном оборудовании датчиков, аппаратно-программная система защитного мониторинга генерирует сигналы автоматической остановки оборудования. Далее эти сигналы поступают в систему аварийного останова, которая инициирует отключение агрегата. В качестве базовой информации системы защитного мониторинга традиционно используют результаты измерений средних квадратических значений вибраций, отслеживание которых выполняется непрерывно или с каким-то интервалом дискретизации. Недостатком стратегии защитного мониторинга является выдача предупредительного аварийного сигнала только после того, как развивающийся дефект приводит к возникновению высокого значения суммарных вибраций, например, при нарушении стабильности ротора, дисбалансе, несносности, трещине вала, трении, т.е. в стадии, когда дефект интенсивно развивается. При этом уровни защитного отключения имеют обобщенное значение для некоторого класса оборудования и не учитывают индивидуальных особенностей. Другим недостатком данной стратегии является невозможность ее использования для дефектов, характеризующихся относительно низкими амплитудными уровнями.

Мониторинг потенциальных отказов реально применяется значительно реже. Он основан на анализе отклонений результатов измерений от значений параметров, характерных для стандартного состояния оборудования. Во многих случаях изменение технического состояния элементов машин и оборудования, особенно на начальной стадии развития дефектов, слабо влияет на общий уровень вибрации. Так, в частности для подшипников, появление небольших дефектов на телах качения практически не изменяет общего уровня вибрации. Однако наличие дефектов в подшипнике приводит к появлению высокочастотных ударных импульсов и, следовательно, к увеличению пиковых уровней в высокочастотной части сигнала вибрации и, следовательно, значительному увеличению пик-фактора. При этом его среднеквадратические уровни в общем случае могут практически не изменяться. Традиционно для оценки изменения технического состояния применяют спектра сигнала. В последнее время получают распространение вейвлет-анализ и другие методы, основанные на декомпозиции исходных вибросигналов.

Научно-исследовательская лаборатория вибродиагностических систем Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники длительное время занимается разработкой приборов для решения задач вибрационного мониторинга, программного обеспечения и методик их применения. В лаборатории разработан и производится многоканальный измерительно-вычислительный комплекс (ИВК) «Лукомль-2001», который более десяти лет эксплуатируется на многих крупных турбоагрегатах Беларуси.

Структурно ИВК представляет собой универсальную ПЭВМ с типизированным модулем АЦП, подключаемым к ее стандартному интерфейсу (ISA, PCI, USB), блока аналоговой обработки сигналов, к которому подключаются первичные виброизмерительные каналы, и блока управления сигнализацией и защитным отключением. При таком построении основная функциональность комплекса обеспечивается алгоритмическим и программным обеспечением. По сути это перепрограммируемый компьютерный измерительный прибор, решающий специальные задачи. Его основными функциями являются:

– определение в режиме реального времени интенсивности вибрации в стандартизованных или задаваемых частотных диапазонах, частоты вращения вала, значений амплитудных и фазовых параметров, по крайней мере, до десяти спектральных составляющих вибрации, кратных частоте вращения (порядковый анализ), пик-фактора исходного сигнала;

– сравнение реально полученных значений с контрольными (величина которых может изменяться от точки к точке и с течением времени) и выработка по определенным алгоритмам сигналов сигнализации и защитного отключения, выдаваемых на отображающие и исполнительные устройства.

Существенным развитием функциональных возможностей комплекса «Лукомль» стала реализация алгоритмов защиты технических объектов по вибрационным параметрам не только по стандартизованным критериям, но и с учетом расширенного числа показателей, индивидуальных особенностей конкретного объекта и обобщенной оценки ситуации на объекте, полученной на основе измерений в нескольких точках контроля. При анализе вибрационного состояния защищаемого объекта учитываются факторы низкочастотной вибрации, высокочастотной вибрации, оборотной составляющей вибрации, изменение вектора оборотной составляющей. Значения конкретных уровней срабатывания защиты устанавливаются индивидуально для конкретного агрегата. В настоящее время эксплуатируется пять таких систем автоматической защиты по вибрации.

Однако решение задач вибрационной диагностики до настоящего времени остается весьма проблематичным, так как формулирование вывода о техническом состоянии объекта на основе количественных значений вибрационных параметров во многих случаях достаточно неоднозначно.

Для более достоверных заключений представляется целесообразным проведение анализа динамики изменения непрерывных вибрационных сигналов, отражающих техническое состояние объекта на достаточно длительном временном интервале (минуты, часы и даже сутки).

С целью получения и регистрации таких вибрационных сигналов разработан 16-канальный измерительно-вычислительный комплекс «Тембр» на базе персональной ЭВМ, модуля АЦП с USB интерфейсом, виброизмерительных каналов с первичными пьезоэлектрическими преобразователями и проблемно-ориентированного программного обеспечения.

Полученные на протяжении длительных временных интервалов непрерывные реализации вибрационных сигналов целесообразно использовать для детального исследования и выявления как детерминированных, так и редких событий, имеющих место при функционировании реальных технических объектов.

### **Заключение**

Применение систем вибрационного мониторинга и оценки технического состояния механизмов и агрегатов позволяет предприятиям оптимизировать затраты на проведение их ремонтно-восстановительных работ, а также предотвратить серьезные аварии.

Применение компьютера в качестве базового узла обработки вибрационных данных обеспечивает быструю адаптацию системы вибрационного контроля под конкретное применение, гибкость и расширяемость функциональных возможностей.